

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ЭКИПАЖЕЙ ПО КРИВОЛИНЕЙНЫМ УЧАСТКАМ ПУТИ

Викладено результати досліджень руху рейкових транспортних засобів по кругових і перехідних кривих. Зокрема розглянуті питання коливальних, стаціонарних режимів, стійкості й безпеки руху вагонів, локомотивів, транспортерів при русі не тільки по прямолінійних, а й по криволінійних ділянках рейкового шляху.

Изложены результаты исследований движения рельсовых транспортных средств по круговым и переходным кривым. В частности рассмотрены вопросы колебаний, стационарных режимов, устойчивости и безопасности движения вагонов, локомотивов, транспортеров при движении не только по прямолинейным, а и по криволинейным участкам рельсового пути.

The results of studies of motion of the rail transport facilities on circular and transition curves are presented. In particular the questions of vibrations, stationary modes, stability and safety of coach, locomotive and transporter motion not only on straight-line but on curvilinear sections of the railway track are considered.

Движение транспортных средств по криволинейным участкам пути рельсового пути является одним из наиболее сложных режимов из условий безопасности, ограничивающем скорости движения, определяющем износ ходовых частей экипажей, допускаемые значения инерционных нагрузок, передающихся на пассажиров и грузы, сдвиг рельсошпальной решетки в поперечном направлении.

Теоретические исследования в этой области получили распространение и развитие в 60-ые годы 20-го столетия, в основном, после внедрения в практику исследований аналоговых и цифровых вычислительных машин. Ранее использовались упрощенные расчетные схемы и математические модели, не учитывающие структуру и основные особенности экипажей и рельсового пути. В частности применялся так называемый метод динамического вписывания, разработанный К. П. Королевым и затем усовершенствованный В. Б. Меделем, О. П. Ершовым, С. М. Куценко и др. авторами. Хотя этот метод корректнее было бы назвать методом квазистатического вписывания рельсовых экипажей в криволинейные участки пути. Динамические эффекты в этом методе не учитывались из-за простоты расчетных схем и математических моделей. В 1969 году Ю. С. Роме-ном была опубликована работа, в которой рассматривались колебания рельсового экипажа при движении по криволинейным участкам произвольной кривизны. Однако в ней были приняты упрощенные исходные предпосылки, касающиеся структуры ходовых частей экипажа, очертания бандажей колес, учета сил псев-

доскольжения колес о рельсы, податливости рельсовых нитей.

В начале 70-х годов начались проводиться исследования колебаний рельсовых экипажей в криволинейных участках пути сотрудниками Днепропетровского института железнодорожного транспорта и Днепропетровского Отделения Института механики Украинской академии наук под руководством В. А. Лазаряна. При этом использовались достижения его школы в области динамики рельсового транспорта при движении экипажей по прямолинейным участкам пути. Они стали основополагающими в исследованиях криволинейного движения.

Были разработаны, в частности, математические модели, позволяющие исследовать собственные и вынужденные колебания рельсовых транспортных средств при их движении по прямолинейным и криволинейным участкам пути произвольной кривизны а также учесть основные свойства исследуемых механических систем. Наиболее существенными из основных особенностей рассматриваемых механических систем можно считать особенности, относящиеся к выбору расчетных схем, в соответствии с которыми рельсовые экипажи представляются при исследовании движения нелинейными механическими системами с большим числом степеней свободы (число степеней свободы зависит в первую очередь от структуры ходовых частей экипажа и характера перевозимого груза). Результаты экспериментальных исследований показали, что движение рельсового экипажа может сопровождаться интенсивными колебаниями не только в прямолинейных, а и в криволинейных участках пути, при-

чиной которых являются неустойчивость движения В связи с этим при проектировании новых конструкций рельсовых экипажей исследование устойчивости невозмущенного движения их является одним из важнейших этапов. Обеспечение устойчивости движения рельсовых экипажей - одна из основных предпосылок достижения высоких динамических их качеств. Несмотря, на то, что используемые критерии оценки устойчивости движения не позволяют оценить основные динамические показатели движения, регламентируемые нормами, методы исследования устойчивости движения являются весьма эффективным инструментом при создании подвижного состава железных дорог с улучшенными динамическими характеристиками. Особенно эффективно применение методов исследования устойчивости движения для оценки рельсовых экипажей различных конструктивных схем и определения области рациональных параметров их ходовых частей.

Под руководством В. А. Лазаряна были разработаны методы исследования стационарных режимов и устойчивости движения, позволяющие оценить перемещения и силы, действующие на элементы экипажей и пути при установившемся движении в круговых кривых, а также оценить устойчивость прямолинейного и криволинейного движения. Задача решается два этапа. Сначала из исходных дифференциальных уравнений движения получатся алгебраические нелинейные уравнения стационарных режимов движения экипажа по круговым кривым и, после их решения, в области установившихся режимов линеаризуются силы взаимодействия колес с рельсами в уравнениях возмущенного движения. По найденным собственным значениям матриц коэффициентов линеаризованных уравнений проводится оценка устойчивости возмущенного стационарного движения экипажа в круговых кривых с помощью теорем первого приближения Ляпунова.

Весьма примечательно, что после применения не сложных алгебраических преобразований нелинейных уравнений, описывающих стационарные режимы движения рельсовых экипажей, можно получить систему двух алгебраических уравнений, имеющими такой же вид, как и уравнения, полученные ранее вышеупомянутыми авторами с помощью так называемого метода динамического вписывания. Однако

в этих уравнениях не содержатся параметры механической системы, характеризующие ее структуру, и, в частности, жесткости упругих элементов и очертание профилей бандажей колес. То есть механическая система приводится к твердому телу, что исключает возможность оценить структуру конструктивной схемы экипажа.

Таким образом, алгебраические уравнения, описывающие стационарные режимы движения экипажа в кривых, полученные из исходных дифференциальных уравнений, являются более общими по отношению к уравнениям, получаемым с помощью метода динамического вписывания и позволяют оценивать структуру конструктивной схемы экипажа.

На основании использования теорем К. А. Абгаряна об устойчивости движения систем на конечном интервале времени было показано, что, несмотря на ограниченное время движения экипажей по криволинейным участкам пути, применима теория устойчивости движения А. М. Ляпунова, в соответствии с которой предполагается время бесконечно большим.

Использование разработанных методов исследований стационарных режимов движения и устойчивости прямолинейного и криволинейного движения рельсовых экипажей позволяет определить рациональные конструктивные компоновки и основные параметры проектируемых и подлежащих усовершенствованию рельсовых экипажей. В последующем предполагается их уточнение при исследовании вынужденных колебаний, обусловленных несовершенствами экипажей и рельсового пути. Значительное внимание этим вопросам уделялось и уделяется сотрудниками, занимающимися исследованиями рельсового и наземного электродинамического транспорта и, в частности, локомотивов, вагонов, транспортеров и др. объектов транспортной техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радченко, Н. А. Криволинейное движение рельсовых экипажей [Текст] / Н. А. Радченко. – К.: Наук. думка, 1988. – 216 с.

Поступила в редколлегию 21.07.2009